

①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

①⑫ **Offenlegungsschrift**  
①⑪ **DE 37 20 345 A 1**

⑤① Int. Cl. 4:  
**E 03 B 7/07**  
G 01 M 3/28

②① Aktenzeichen: P 37 20 345.2  
②② Anmeldetag: 19. 6. 87  
④③ Offenlegungstag: 29. 12. 88

VERBODEN  
TEILWEISE  
KOPIERUNG  
UND  
VERBREITUNG  
VON  
DOKUMENTEN  
DIE  
DIESE  
ZEICHEN  
ENTHALTEN

DE 37 20 345 A 1

⑦① Anmelder:

Hermann Sewerin GmbH, 4830 Gütersloh, DE

⑦④ Vertreter:

Stracke, A., Dipl.-Ing.; Loesenbeck, K., Dipl.-Ing.,  
Pat.-Anwälte, 4800 Bielefeld

⑦② Erfinder:

Hoch, Wilfried, Dipl.-Ing., 7000 Stuttgart, DE

⑤④ Verfahren zur Früherkennung von Leckstellen in einem Wasserrohrnetz

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Früherkennung von Leckstellen so zu verbessern, daß sich die Anwendung nicht auf die wenigen verbrauchsarmen Zeiten in der Nacht beschränkt und auch größere Meßgebiete überprüft und die Meßzeiten gegenüber den bisherigen Nullverbrauchsmessungen verkürzt werden können.

Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich dadurch aus, daß über eine frei wählbare Meßzeit mehrere Zuflußwerte gemessen werden, auf den Einzelzuflußwerten die zugehörige mittlere Streubreite ermittelt und der Wasserverlust berechnet wird.

Überwachung von im Erdboden verlegten Wasserrohrnetzen und Feststellung von Leckstellen.

DE 37 20 345 A 1

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Früherkennung von Leckstellen in im Erdboden verlegten Wasserrohrnetzen, bei dem das zu untersuchende Wasserrohrnetz oder der zu untersuchende Wasserrohrnetzteil von dem übrigen Wasserrohrnetz abgeschiebert und das abgetrennte Netz oder Netzteil über eine mit einem Durchflußmeßgerät mit zugeordnetem Auswertgerät versehene Meßleitung an die Wasserversorgung angeschlossen wird und während der Meßzeit die Verbraucher weiter mit Wasser versorgt werden, **dadurch gekennzeichnet, daß über eine frei wählbare Meßzeit mehrere Zuflußwerte gemessen werden, aus den Einzelzuflußwerten die zugehörige mittlere Streubreite  $d_{68}$  (l/min) ermittelt und der Wasserverlust  $V$  (l/min) berechnet wird.**
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß zuerst die Streubreite  $d_{68}$  sowie der arithmetische Mittelwert  $\mu_G$  der aufgezeichneten Zuflußwerte bestimmt, daraus der Prüfwert  $R' = d_{68} \times (\mu_G)^{0.5}$  berechnet und mit dem Regelwert  $R = 5,52$  ins Verhältnis gesetzt wird und mit diesem dimensionslosen Wert der Verlustanteil  $f_V$  und/oder der Verluststrom  $V = \mu_G \times f_V$  ermittelt wird.**

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Früherkennung von Leckstellen in im Erdboden verlegten Wasserrohrnetzen, bei dem das zu untersuchende Wasserrohrnetz oder der zu untersuchende Wasserrohrnetzteil von dem übrigen Wasserrohrnetz abgeschiebert und das abgetrennte Netz oder Netzteil über eine mit einem Durchflußmeßgerät mit zugeordnetem Auswertgerät versehene Meßleitung an die Wasserversorgung angeschlossen wird und während der Meßzeit die Verbraucher weiter mit Wasser versorgt werden.

Bei einem bekannten Verfahren der genannten Art (DE-PS 28 07 632) wird eine Leckmeldung abgegeben, wenn, über einen längeren Zeitraum gemessen, der Wasserverbrauch in der zu untersuchenden Wasserleitung nicht momentan auf Null absinkt und mehrmals ein momentaner gleicher Minimalverbrauch eintritt.

Diesem Verfahren liegt die Erkenntnis zugrunde, daß ein Leck stets dann besteht, wenn die Zuflußmeßwerte über den Meßzeitraum nie auf Null absinken. Die Erfahrung zeigt, daß nach einer längeren Meßzeit bei einem Rohrstrang ohne Lecks alle Verbraucher gleichzeitig ihren Wasserverbrauch, beispielsweise während der Nacht, einstellen. Während dieses Zeitraumes muß der Verbrauch auf Null fallen, sofern im betreffenden Rohrstrang kein Leck vorliegt. Mehrere genau gleiche Minimalanzeigen bedeuten entweder ein Leck von der angezeigten Größe oder einen Dauerverbraucher, der im allgemeinen bekannt ist und durch Ablesen seines Zählers berücksichtigt werden kann.

Durch Früherkennung von Lecks könnten die Wasserverluste theoretisch um ca. fünfzig Prozent gesenkt werden. Um diesem Ziel nahezukommen, muß der Mindestzufluß in die einzelnen Zonen regelmäßig gemessen werden. Wo ortsfeste Meßstellen fehlen, sind regelmäßige Zuflußanalysen unerlässlich, um anhand der aufgezeichneten Ganglinien den gemessenen Zufluß in einen Verbrauchs- und Verlustanteil aufzutrennen.

Die bisher angewandten Meßverfahren haben den Nachteil, daß der gesuchte Verluststrom eines Meßgebietes direkt gemessen werden muß, unbeeinflusst von jeglichem Verbrauch. Der Zeitaufwand hierfür ist groß und ist vor allem in großen Zonen auf die verbrauchsarmen und zudem sehr kostenintensiven Nachtzeiten beschränkt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Früherkennung von Leckstellen so zu verbessern, daß sich die Anwendung nicht auf die wenigen verbrauchsarmen Zeiten in der Nacht beschränkt und auch größere Meßgebiete überprüft und die Meßzeiten gegenüber den bisherigen Nullverbrauchsmessungen verkürzt werden können.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß über eine frei wählbare Meßzeit mehrere Zuflußwerte gemessen werden, aus den Einzelmeßwerten die zugehörige mittlere Streubreite ermittelt und der Wasserverlust berechnet wird.

Die Zuflußanalysen lassen sich wesentlich verbessern, sofern man die zufälligen Verbrauchsvorgänge als weitere statistische Meßgröße (Streubreite der Meßwerte) in Abhängigkeit vom absoluten mittleren Gesamtzufluß zur Bestimmung des gesuchten Verluststromes heranzieht.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Früherkennung von Leckstellen — das Streubreitenverfahren — beruht auf folgender Überlegung:

Von einer bekannten Zahl Einwohner entnimmt in Zeiten geringeren Verbrauchs nur ein kleiner Teil jeweils für kurze Zeit Wasser.

Innerhalb einer frei wählbaren Meßzeit entstehen in der Ganglinie ausgeprägte Maxima und Minima, d. h. die Zuflußmeßwerte schwanken in einem bestimmten Streubereich.

Die Streubreite der Zuflußwerte ist eine Funktion der Einwohnerzahl und der Meßzeit und damit auch des Wasserverbrauchs.

Anhand der Funktion aus Streubreite und Wasserverbrauch kann mittels der Messung des Zuflusses und dessen Streubreite der Wasserverlust in einem Meßgebiet berechnet werden.

Weitere Kennzeichen und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der folgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels.

Es zeigen:

Fig. 1 die notwendige technische Einrichtung für Zuflußmessungen nach dem erfindungsgemäßen Streubreitenverfahren,

Fig. 2 und 3 einen Rohrnetzmeßwagen im Aufriß und im Grundriß,

Fig. 4, 5, 6 grafische Darstellungen von Zuflußmessungen, die für den Ortskern einer Stadt durchgeführt wurden,

Fig. 7 ein Diagramm zur Ermittlung des Verlustanteils und

Fig. 8 ein Diagramm zur Ermittlung des Verluststroms in l/min.

Für die Durchflußmessung wird ein Durchflußmeßgerät 1 mit analogem und/oder digitalem Signalausgang benötigt, das die Ganglinie über einen Schreiber 2 aufgezeichnet und daß die einzelnen Meßwerte über ein entsprechendes Interface einem leistungsfähigen Rechner 3 mit Speichereinheit 4 zugänglich macht.

Dem Meßcomputer ist ein Bildschirm 5 zugeordnet. Die Meßanlage weist ferner ein Batteriepaket 6 und einen Spannungswandler 7 auf.

Ein induktives Durchflußmeßgerät erfüllt alle Voraussetzungen. Die Meßwerte stehen analog zur Verfügung; sie können digitalisiert werden (die Sekunde zwei Werte). Das ermöglicht, die Ganglinien digital zu speichern und in jeder gewünschten Form analysieren. Um den Nachtzufluß zu messen, der in den Fig. 4, 5 und 6 grafisch dargestellt ist, wurde der Rohrnetzswagen nach den Fig. 2 und 3 verwendet, der mit einer fest eingebauten Meßstrecke ausgerüstet ist. Der Rohrnetzmeßwagen weist einen hydraulischen Bereich 7 und einen Meßraum 8 auf. Zusätzlich zu dem induktiven Durchflußmesser ist eine Beruhigungsstrecke 9 für das Meßgerät 1 und ein Rohrsystem mit Kugelhähnen 10 zum schnellen Öffnen und Schließen der Leitungen vorgesehen. Für kontrollierte Dichtheitsprüfungen ist ein Umgang 11 mit einem Druckminderventil 12 angeordnet. Über den Stutzen 13 erfolgt der Zufluß in die Meßzone, während der Stutzen 14 für die Entnahme außerhalb der Meßzone vorgesehen ist.

Der Bildschirm wird zur direkten Beobachtung von Durchfluß und Druck verwendet, während der Drucker 2 zur Dokumentation der Ganglinie und der Rechenergebnisse benutzt wird. Die Diskettenstation 4 wird zum Eingeben der Software und zum Speichern der Ganglinie verwendet.

Die Fig. 4, 5 und 6 zeigen beispielhaft die Ganglinien des Zuflusses in ein bestimmtes Meßgebiet während verschiedener Zeiten. Es handelt sich um Nachtzuflußmessungen für den Ortskern einer Stadt, in dem rund 1800 Einwohner leben. Der Netzteil war 4,7 km lang. Der hohe Mindestzufluß rührt von einem Rohrbruch an einer Leitung DN 150 her.

Unschwer ist zu erkennen, daß die Ganglinie zu der verbrauchsstarken Zeit zwischen 22.37 Uhr und 22.40 Uhr stärker ausschlägt als die entsprechende Linie zwischen 23.13 Uhr und 23.16 Uhr. Der Zufluß zwischen 3.36 Uhr und 3.39 Uhr verläuft fast gleichmäßig und wird kaum vom Verbrauch beeinflusst. Der Mindestzufluß läßt sich aus der Ganglinie direkt ablesen. Die Streubreite der Meßwerte ist ein Hinweis, wieviel Wasser während der Messung verbraucht wurde.

Bezeichnet man die Streubreite der Zuflußwerte mit  $d_{68}$  und den mittleren Verbrauch in einem Meßgebiet mit  $\mu_Q$  (l/min) so gilt die Gleichung

$$d_{68} = 2 \times \sqrt{Q \times \mu_Q}$$

Mit dem Faktor  $R = 2 \times \sqrt{Q}$  in l/min (genannt Regelwert) ergibt sich  $d_{68} = R \sqrt{\mu_Q}$ .

$Q$  ist der mittlere Wert des einzelnen Entnahmestroms.  $Q$  und damit auch  $R$  können als konstante Größen gewertet werden.

Da ein Leck bewirkt, daß ständig Wasser ausfließt, strömt entsprechend mehr in das Meßgebiet ein, wobei sich aber die zugehörige Streubreite  $d_{68}$  nicht erhöht. Die Abhängigkeit zwischen Verbrauch und Streubreite ändert sich jedoch um den Anteil, den der Verluststrom  $V$  darstellt.

Für den Verluststrom ergibt sich die Gleichung

$$V = \mu_G - \left( \frac{d_{68}}{R} \right)^2$$

Durch die Bestimmung des mittleren Zuflusses  $\mu_G$  in ein Meßgebiet und der zugehörigen Streubreite  $d_{68}$  sind die Voraussetzungen dafür geschaffen, die Verlustgröße in einem Meßgebiet weitgehend unabhängig von dessen Ausmaß, der Meßzeit und der Dauer der Messung zu ermitteln, sofern nur der Faktor  $R$  annähernd bekannt ist.

Bei der Berechnung des Verluststromes  $V$  geht man wie folgt vor. Man bildet einen Prüfwert  $R'$ , der sich aus folgender Gleichung ergibt:

$$R' = \frac{d_{68}}{\sqrt{\mu_G}} \text{ mit der Einheit l/min.}$$

Anschließend ermittelt man die Abweichung des Prüfwertes  $R'$  vom Regelwert  $R$  und aus dem Verhältnis  $R'/R$  den Verlustanteil am gemessenen Zuflußwert. Das führt zu einem entscheidenden Vorteil. Da man allein aus dem dimensionslosen Verhältniswert  $R'/R$  den prozentualen Verluststrom ermitteln kann, macht dies möglich, durch Berechnen und Untersuchen des natürlichen Streubereiches dieser Verhältniszahl  $R'/R$  bzw. des errechneten Ergebnisses aus dieser Verhältniszahl aller Messungen, die statistische Sicherheit des Endergebnisses abzuschätzen.

Es gilt folgende Gleichung:

$$R'/R = \sqrt{\frac{1-V}{\mu_G}}$$

5

Dabei bezeichnet

$$f_V = \frac{V}{V_G}$$

10

den Anteil des Verluststromes am gemessenen Gesamtzufluß. Aus den obigen Gleichungen ergibt sich

$$f_V = 1 - \left(\frac{R'}{R}\right)^2$$

15

Die Fig. 7 zeigt die Auswertungen von Zuflußmessungen nach dem erfindungsgemäßen Streubreitenverfahren über Verhältniszahlen.

In der Fig. 7 ist für verschiedene, auf der Abszisse dargestellte Verhältniszahlen  $R'/R$  der Verlustanteil  $f_V$  (in Prozent) berechnet und über der entsprechenden Verhältniszahl auf der Ordinate im Diagramm eingezeichnet. Das erfindungsgemäße Streubreitenverfahren wird wie folgt angewendet:

Zuerst wird die Streubreite  $d_{68} = 2 \times$  Standardabweichung sowie der arithmetische Mittelwert  $\mu_G$  der aufgezzeichneten Meßwerte bestimmt, daraus der Prüfwert  $R' = d_{68} \times (\mu_G)^{0.5}$  berechnet und mit dem Regelwert  $R = 5,52$  ins Verhältnis gesetzt. Von diesem dimensionslosen Wert von der Abszisse aus erhält man auf der Ordinate der Fig. 7 den zugehörigen Verlustanteil  $f_V$  und über die Formel  $V = \mu_G \times f_V$  den Verluststrom.

Im folgenden wird ein Beispiel für den praktischen Einsatz des erfindungsgemäßen Streubreitenverfahrens beschrieben.

In der Zone war aufgrund laufender Messungen festgestellt worden, daß der Nachtverbrauch um etwa  $6 \text{ m}^3/\text{h}$  bzw.  $100 \text{ l/min}$  schon mehrere Tage erhöht war. Da es sich offensichtlich um einen Rohrbruch handelte, wurde alsbald im Ortskern der Zufluß gemessen. Das Abschiebern und das Aufbauen des Meßwagens dauerte eine halbe Stunde. Die Messungen begannen um 22.22 Uhr (s. die Ganglinien in den Fig. 4, 5 und 6).

Das nachträgliche Auswerten nach dem Streubreitenverfahren ergab die in der folgenden Tabelle aufgelisteten Werte, ermittelt in Meßintervallen von 3 Minuten (das entspricht ungefähr 300 Einzelmesswerten).

Uhrzeit	Mittelwert $\mu_G$ l/min	Streubreite $d_{68}$ l/min	$R'/R$	Verlustanteil $f_V$ %	Verluststrom $V$ l/min
22.29	303	78	0,81	34	103
22.31	300	60	0,63	61	182
22.34	276	61	0,67	56	154
22.37	255	41	0,46	78	199
22.40	229	70	0,84	30	68
22.43	214	57	0,71	50	107
22.46	227	64	0,77	41	93
22.49					
Mittlerer Verluststrom $V(\text{l/min}) = 129$					
Gemessener Verluststrom $V(\text{l/min}) = 120$					
Differenz $dv(\text{l/min}) = 9$					

60

Anhand der gemessenen Streubreiten- und Mittelwerte wurde das Verhältnis Prüfwert zu Regelwert  $R'/R$  errechnet und nach der entsprechenden Gleichung bzw. nach der grafischen Darstellung der Fig. 7 der Verluststrom Vermittelt.

Um 22.49 Uhr wurde die erste Meßreihe abgebrochen, so daß nunmehr aufgrund der Ergebnisse aus den sieben Zeitintervallen ein mittlerer Verluststrom errechnet werden konnte. Die einzelnen Verlustwerte schwankten erwartungsgemäß in weiten Grenzen (68 bis 199 l/min), aber der Gesamtmittelwert ergab einen Verluststrom von 129 l/min, was dem viel später gemessenen Nullverbrauch ungefähr entsprach.

## OS 37 20 345

In der Fig. 8 ist in einer grafischen Darstellung auf der Abszisse der gemessene Zufluß in l/min und auf der Ordinate der Verluststrom l/min abgetragen. Die Streubreiten in l/min bilden schrägverlaufende Linien.

Mit diesem Diagramm kann nach der Ermittlung des Zuflusses sowie der Streubreite der Verluststrom abgelesen werden.

Anstelle eines induktiven Durchflußmeßgerätes kann jedes andere schnelle Durchflußmeßgerät wie z. B. 5  
Wasserzähler, Flügelradmesser, Wirbelstromzähler, Ultraschall-Durchflußmesser usw. verwendet werden. Vor  
allem aber läßt sich das Verfahren auch an stationären Meßstellen mit entsprechender Auswerteeinheit (z. B. in  
Hochbehältern) anwenden, ohne daß dazu ein spezieller Meßwagen benötigt wird.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

3720345

1/5

19.05.87

Nummer:  
Int. Cl.<sup>4</sup>:  
Anmeldetag:  
Offenlegungstag:

Fig. : 10: 12  
37 20 345  
E 03 B 7/07  
19. Juni 1987  
29. Dezember 1988

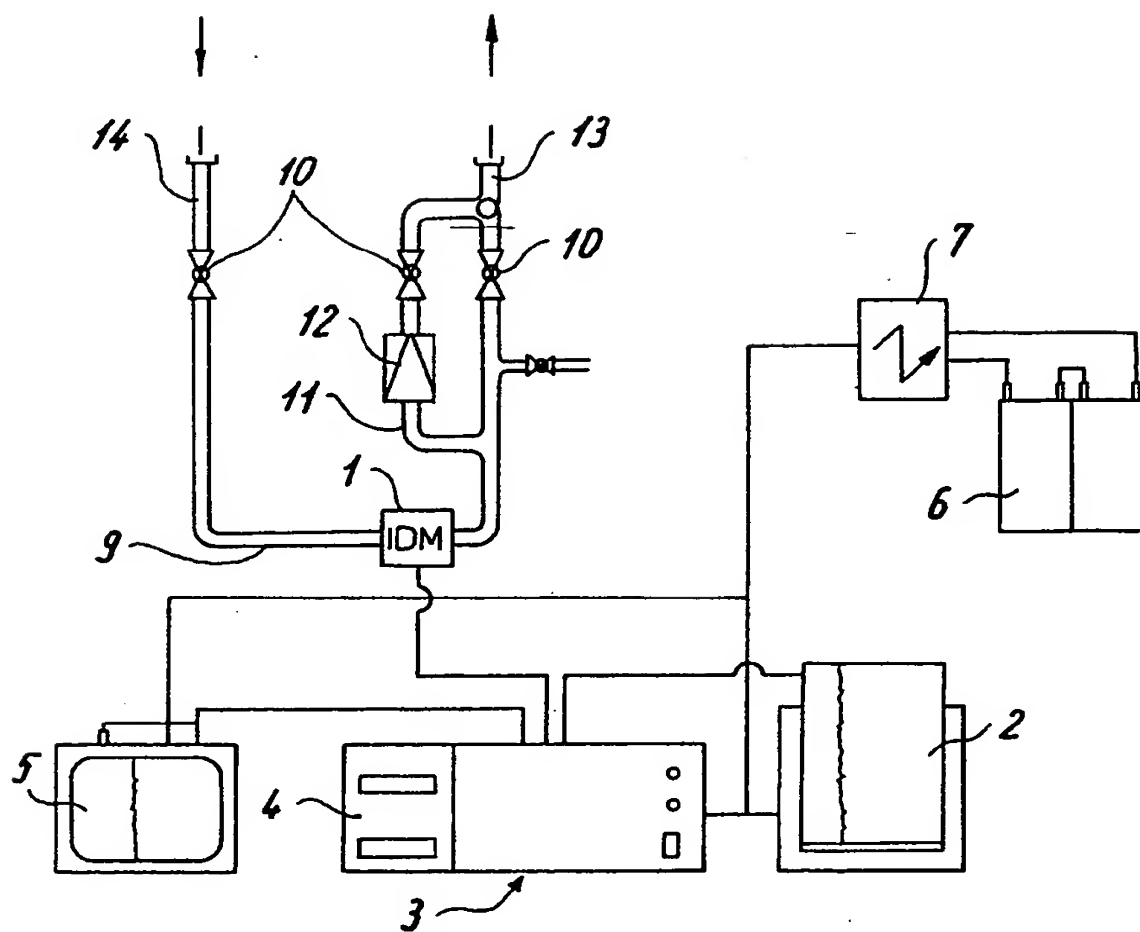


Fig. 1

215  
1900-07

Fig. : 111:121  
3720345

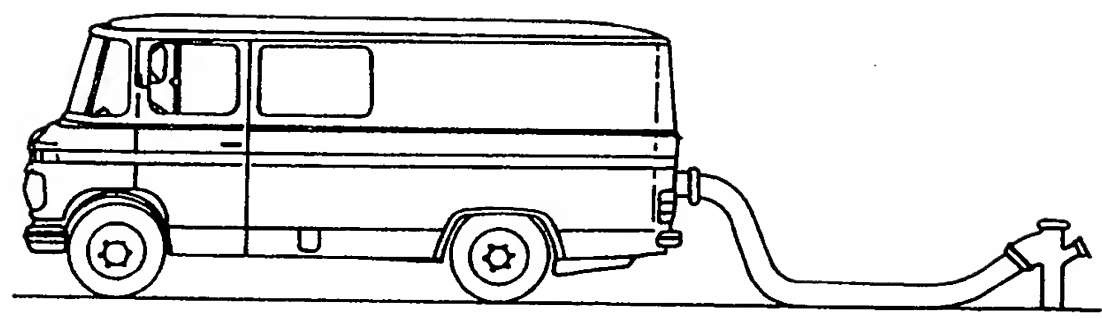


Fig. 2

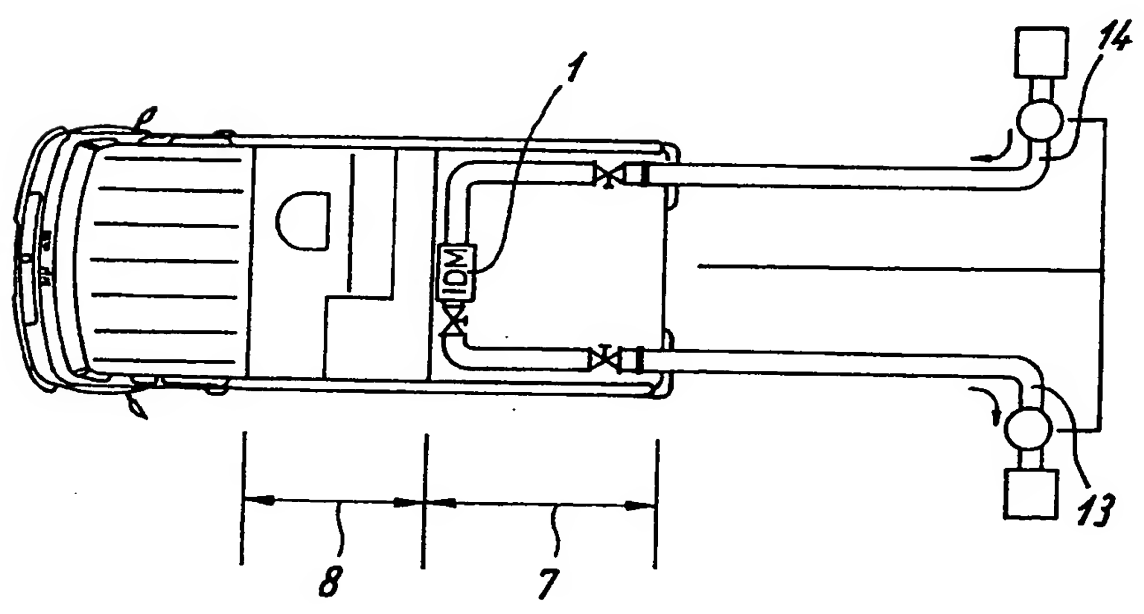


Fig. 3

3/3  
19.05.87

3720345

Nachtzufluß in l/Min

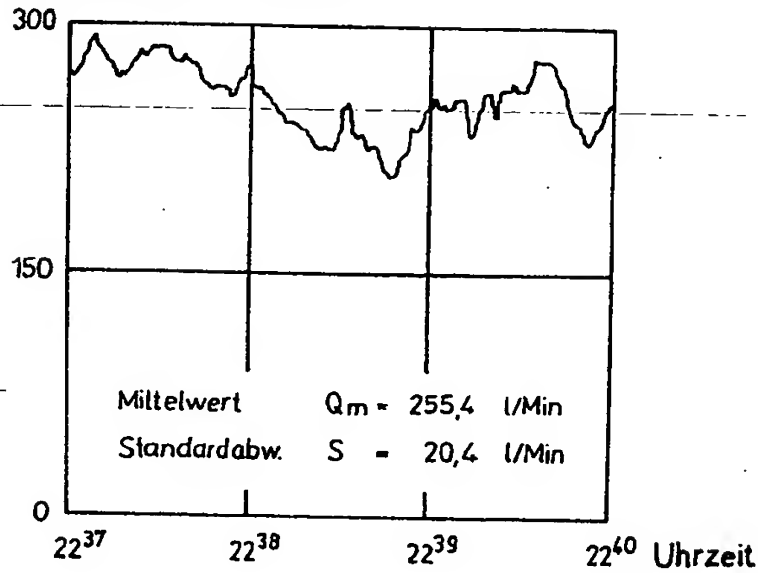


Fig. 4

Nachtzufluß in l/Min

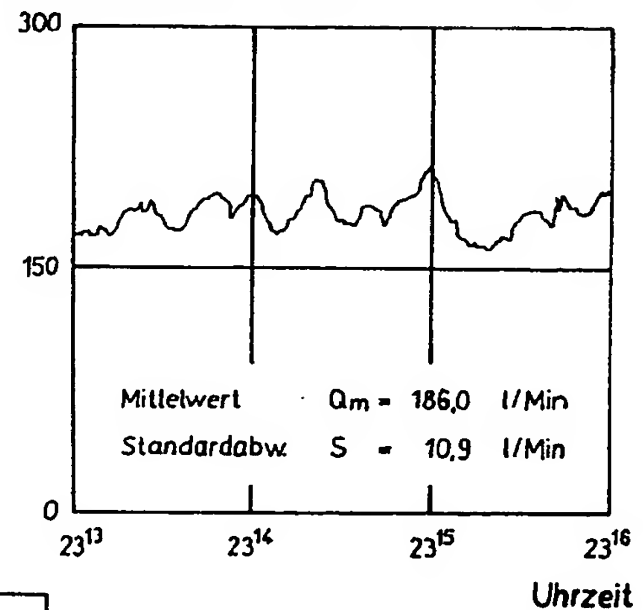


Fig. 5

Nachtzufluß in l/Min

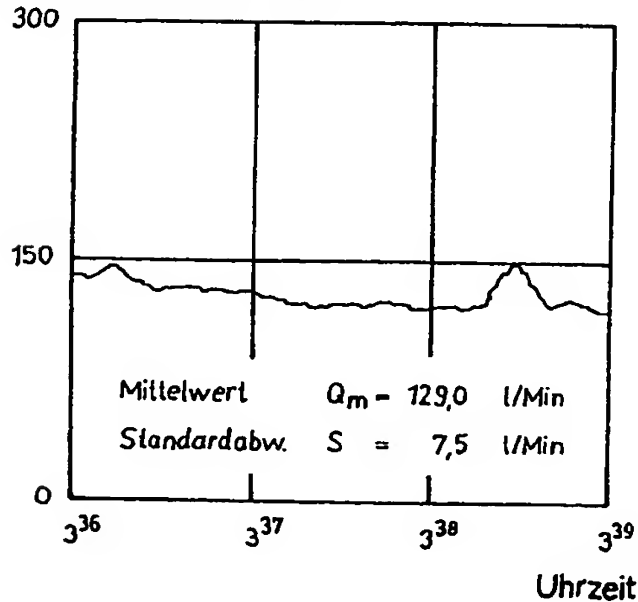


Fig. 6



4/5  
19.05.87

Fig.: 1431: LAI  
3720345

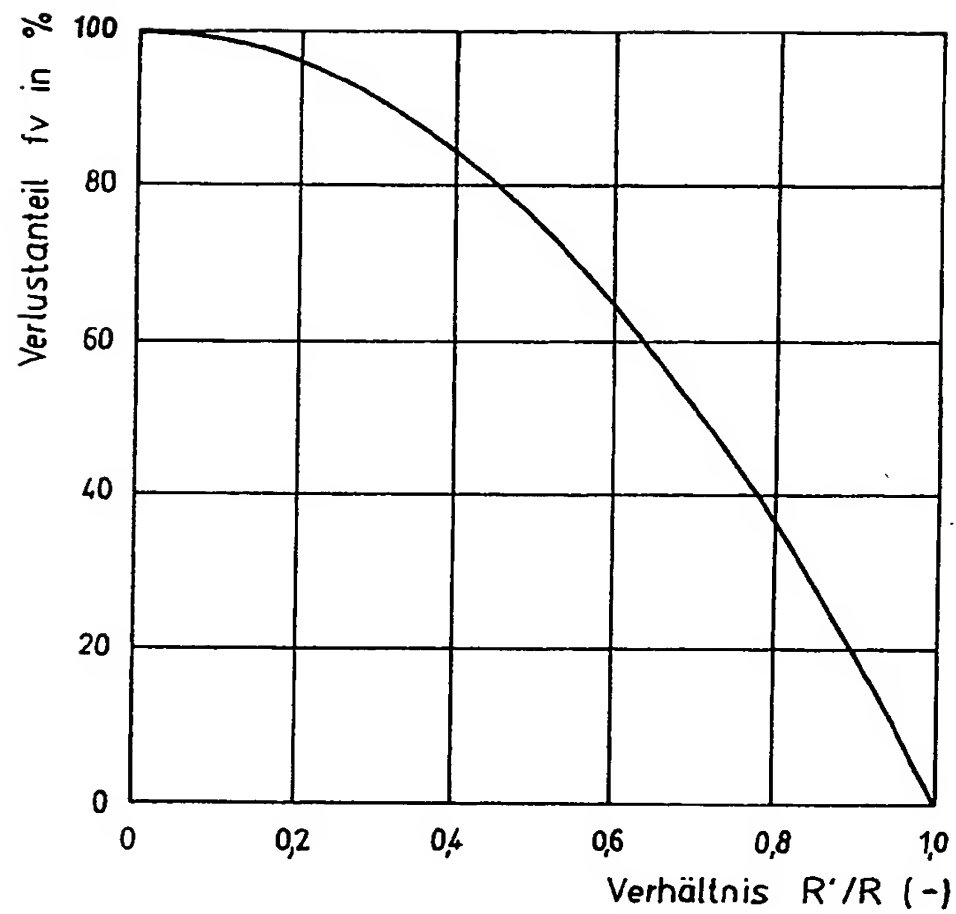


Fig. 7

Fig. 8

